2012, № 5

ГЕОЛОГИЯ

УДК 551.248.5+552:551.7.022

Н.И. КОРЧУІАНОВА¹, С.А. СОКОЛОВ¹, Д.Г. ЗАГУБНЫЙ²

ВЕРХНЕКОРОВЫЕ НОВЕЙШИЕ ДЕФОРМАЦИИ ТЕРРИТОРИИ ВОРОНЕЖСКОГО КРИСТАЛЛИЧЕСКОГО МАССИВА И ИХ ОТРАЖЕНИЕ В ЛИНЕАМЕНТНОМ ПОЛЕ

Проведено неотектоническое районирование новейших деформаций, выраженных в рельефе, рассмотрено структурно-геоморфологическое строение разнопорядковых структурных форм и их соотношение со структурами фундамента. В результате дешифрирования и компьютерной обработки линеаментного поля выявлены особенности новейшего строения региона, а также сейсмогенные зоны.

Ключевые слова: Воронежский кристаллический массив; новейшая тектоника; районирование; поднятия; прогибы; валы; своды; структурные ступени; линеаменты; компьютерная обработка; сейсмогенные зоны; активизированные разломы фундамента.

Воронежский кристаллический массив (ВКМ) представляет собой приподнятую часть фундамента Восточно-Европейской платформы, ограниченную системой авлакогенов, глубинных разломов и Прикаспийской впадиной и перекрытую палеозойским, мезозойским и кайнозойским комплексами пород. В осевой зоне массива, протянувшейся по линии Курск-Павловск, глубина залегания фундамента составляет 100-150 м, к северо-востоку, в сторону Пачелмского авлакогена, поверхность фундамента погружается плавно, достигая глубин 1,5-2 км, а в сторону Днепрово-Донецкого авлакогена и Прикаспийской впадины погружение происходит более интенсивно, абсолютные отметки его поверхности достигают 6 км. В структуре фундамента выделяют два крупный мегаблока [8]: Хопёрский и Курской магнитной аномалии (КМА), которые разделены субмеридионально вытянутой Лосевской шовной зоной (рис. 1).

Начало новейшего этапа тектонической активизации земной коры территории ВКМ связывается с завершением мел-палеогеновой пенепленизации, наступившей после регрессии позднемелового моря [19]. Олигоценовая эрозионно-денудационная поверхность выравнивания сохранилась в современном рельефе фрагментарно [20]. В течение новейшего этапа выделяют несколько стадий рельефообразования, каждая из которых знаменовалась поднятием и расчленением и заканчивалась формированием поверхности выравнивания. Раннемиоценовая полигенетическая поверхность выравнивания, впервые выделенная на территории Воронежской антеклизы Г.И. Раскатовым, выработана в основном в породах полтавской серии олигоцена, а на севере — верхнего мела. Относительно молодые поверхности выравнивания - средне-позднемиоценовая эрозионно-денудационная, вложенная в «полтавскую» поверхность [11]; позднемиоценовая полигенетическая, формирование которой сопоставляется с обособлением в новейшей структуре Окско-Донского прогиба [22] и плиоценовая полигенетическая [11, 22]. В долинах рек развиты ступени рельефа четвертичного возраста, связанные в основном с климатически обусловленными эвстатическими колебаниями базиса эрозии. Таким образом, начиная с олигоцена, под влиянием восходящих неравномерных тектонических движений и климата происходило формирование современного рельефа, в котором нашли выражение новейшие деформации. Изучение конэрозионных структурных форм, оформившихся в рельефе к современной эпохе, положено в основу проведённого нами неотектонического районирования территории ВКМ.



Рис. 1. Строение фундамента Воронежского кристаллического массива и верхов мантии (по материалам [5, 8, 13, 14, 16]): 1 изогипсы поверхности фундамента; 2 — разрывные нарушения; 3-4 — границы: 3 — мегаблоков, 4 — макроблоков; 5 - наложенные разноранговые палеопротерозойские шовные зоны; 6-8 — глубинные неоднородности верхов мантии, объекты: 6 пониженной плотности, 7- повышенной плотности, 8- граница геоблоков; 9 — эпицентры землетрясений; 10-11-- границы: 10 - ВКМ, 11- РФ; мегаблоки: КМА - Курской магнитной аномалии, ХОП - Хопёрский; макроблоки: Рос - Рославльский, Брн — Брянский, ОК — Орловско-Курский, ЛЕ — Ливенско-Ефремовский, КЭ - Калачско-Эртильский, Кам -- Камышинский; Лос. Лосевская шовная зона; ЛМ Ш.З. Лосевско-Мамонский разлом

Новейшие деформации территории ВКМ, выраженные в верхнекоровом структурном плане и рельефе

Новейшими структурами первого ранга для территории ВКМ являются Брянско-Смоленская, Среднерусская, Доно-Донецкая, Балашово-Саратовская области поднятий и Окско-Донской про-



Рис. 2. Неотектоническое районирование территории Воронежского кристаллического массива: 1-5 — границы разноранговых новейших деформаций, выраженных в рельефе: 1 — первого ранга: областей поднятий и абсолютных и относительных опусканий, 2 — второго ранга: зон поднятий и прогибов, крупных овоидных поднятий; 3 — третьего ранга: поднятий, прогибов, структурных ступеней, 4 — локальные поднятия и впадины; 5 концентрические морфоструктуры; 6-8 — направленность и интенсивность новейших тектонических движений: 6-7 — поднятия: 6 — умеренные, 7 — слабые, 8 — опускания относительные и абсолютные; 9-10 — границы: 9 — BKM, 10 — РФ; 11 линия разреза

гиб, в которых выделяются структуры более высоких порядков (рис. 2) (таблица).

Ерянско-Смоленская область поднятий расположена на северо-западном окончании ВКМ и вытянута в меридиональном направлении на ≈ 450 км при ширине ≈ 240 км. Она пространственно совпадает с Брянским и Рославльским макроблоками фундамента КМА (рис. 1), Кировско-Клинцовский разлом между которыми лишь частично нашел отражение в современном рельефе. В геологическом строении области принимают участие па-



Разноранговые новейшие структуры

Первого ранга	Второго ранга	Третьего ранга
Области поднятий	Зоны поднятий и крупные овоидные поднятия	Поднятия, структурные ступени
БС – Брянско-Смоленская	БС-І – Смоленская	Рс – Рославльское
	БС-II – Брянская	Ел — Ельницкое
	52	СС – Смоленско-Сафоновское
		Кл – Клинцевское,
		Жз – Жиздринское
		<i>Мж</i> – Можайское
СР – Среднерусская	СР-І – Орловско-Тульское	<i>Цн</i> – Центральное
	СР-ІІ – Курско-Белгородское	Щк – Щёкинское
	СР-III – Михайловская	<i>TT</i> – Тульско-Калужское
		ЛЛ – Лебедянь-Липецкая
		ЛО – Льговско-Обояньское
		КЩ – Курско-Щигровское
		Бл — Белгородское
		Оск – Оскольское
		Дм – Дмитровское
		Кр – Крупецкое
ДД – Доно-Донецкая	ДД-I – Острогожско-Калачская	ОК – Острогожско-Кантемировское,
	ДД-II – Первомайско-Чирская	К – Калачское,
		ВЧ – Верхне-Чирское,
		НЧ – Нижне-Чирское
БС – Балашово-Саратовская	БС-І – Ртищевско-Хопёрская	<i>ВЦ</i> – Ворона-Цнинское
	БС-II – Приволжско-Медведицкая	<i>BX</i> – Ворона-Хопёрское
		Рт – Ртищевское
		Ел — Еланьское
		ДМ – Доно-Медведицкое
		Пр – Приволжское
Области относительных и абсолютных опусканий	Зоны прогиба	Поднятия, структурные ступени
ОД – Окско-Донской прогиб	ОД-І – Меридиональная (Окско-Донская)	ПТ – Панино-Тумское
	ОД-II – Хопёрско-Донская	ТО – Тамбовско-Окское
	ОД-III – Нижне-Донская	ЖК – Жердевско-Котовское
		ХБ – Хопёр-Бузулукская
		АД – Арчединско-Донская
		Ер – Ергенинское

Примечание. Названия зон прогибов в пределах областей и зон поднятий приведены в тексте.

леозойские и мезозойские, а на юге палеоген-неогеновые комплексы пород. По структурно-геоморфологическим особенностям строения она разделена на Смоленскую и Брянскую зоны поднятий, каждая из которых состоит из структур более высоких порядков. В первой обособляются Смоленско-Сафоновское, Ельницкое и Рославльское поднятия. Локальные сводо- и валообразные структуры в Смоленско-Сафоновском поднятии. отличающиеся наибольшими амплитудами, дискордантны границе ВКМ и простираются за его пределы. Брянская зона поднятий Средне-Деснинским прогибом и Юхновской впадиной, заложенной на месте Калужских дислокаций фундамента, разделена на три поднятия: Клинцевское, наклонённое на юг-юго-запад согласно с погружением поверхности фундамента, одноименный грабен которого проявлен в новейшем строении; Жиздринское, осложнённое северо-восточной зоной прогиба и

локальными сводами, и Можайское, в основном расположенное за пределами ВКМ.

Среднєрусская область поднятий представляет собой пологий мегасвод («складку основания»), который вытянут в меридиональном направлении почти на 560 км при ширине ≈ 380 км и в целом соответствует Орловско-Курскому и Ливенско-Ефремовскому макроблокам фундамента [8]. Максимальные амплитуды мегасвода (<250 м) приурочены к его северной части, а осевая зона смещена приблизительно на 135 км к север—северо-востоку относительно осевой зоны поверхности фундамента та массива (рис. 3).

С запада Среднерусская область поднятий ограничена Жиздра-Деснинской зоной эрозионно-тектонических прогибов, на значительном протяжении наследующей Серпуховско-Бахмачскую разломную границу Брянского макроблока фундамента. В гравитационном поле этой зоне соответству-





Рис. 3. Геолого-геоморфологический разрез: *а* – геоморфологический профиль; *б* – геологический разрез: *1* – Среднерусская возвышенность: *а* – расчленённая эрозией, *б* – не затронутая денудацией; *2* – новейшая пологосводовая деформация (положение линии разреза показано на рис. 2)

ют меридионально вытянутые положительные аномалии. Северная граница области проявлена уступом рельефа, приуроченным к правому субширотному берегу Оки, маркирующим Зарайско-Сердобский разлом фундамента, а юго-восточнее проходит по бортовой зоне Пачелмского авлакогена, который выражен контрастными линейными аномалиями в гравитационном и магнитном полях. На востоке Оскол-Тихососненская долинообразная зона относительных прогибов отделяет Среднерусскую область поднятий от Доно-Донецкой, сформированной на юго-восточном крыле Воронежской антеклизы. Граница с Окско-Донским новейшим прогибом наследует Лосевско-Мамонский разлом фундамента, входящий в Лосевскую шовную зону, по которой, по данным [13, 15], проходит граница Курского и Воронежского крупных геоблоков, различающихся плотностными свойствами (рис. 1).

В Среднерусской области поднятий расположены крупные самостоятельные поднятия: Орловско-Тульское, Курско-Белгородское и Михайловское, разделённые протяженными зонами эрозионно-тектонических прогибов. Орловско-Тульское овоидное поднятие (290×225 км) сложено мезозойскими и обнажающимися в долинах рек палеозойскими породами; комплекс палеоген-неогеновых отложений почти полностью отсутствует. В этом новейшем поднятии, амплитуды которого составляют 200-250 м и более, структуры более высоких порядков представлены: Центральным сводом (диаметр 190-200 км), границы которого с юга и востока маркированы Доно-Соснинской зоной прогибов, Щёкинским и Тульско-Калужским поднятиями, образованными на северном погружении фундамента и склоне Среднерусского новейшего мегасвода; Лебедянь-Липецкой субмеридиональной структурной ступенью, ограниченной с запада долиной Дона. В Тульско-Калужском поднятии обособляются Тульский вал и Калужский свод, а Лебедянь-Липецкая структурная ступень подразделяется на отличающиеся амплитудами высокую и низкую (Скопинскую).

Курско-Белгородское сводообразное поднятие диаметром ≈ 270 км сложено меловыми, юрскими и обнажающимися в наиболее крупных врезах рек девонскими породами; на юге верхнемеловые отложения перекрыты отложениями палеогена-неогена. Максимальные амплитуды, достигающие 250 м, приурочены к своду, вытянутому в северо-западном направлении почти на 190 км согласно с простиранием зеленокаменных поясов и приуроченных к ним нижнепротерозойских грабен-синклиналей [5, 16]. Свод нарушен продольной узкой протяжённой Верхнеокско-Снова-Верхнесеймской субмеридиональной зоной прогибов. Его восточная часть (Курско-Щигровское поднятие), состоящая из локальных высокоамплитудных валов и сводов, наследует на значительном протяжении Тим-Ястребовск-Новооскольскую нижнепротерозойскую структуру, а западная (Льговско-Обояньское поднятие) — простирание Белгородско-Михайловской грабен-синклинали. Кривецко-Псёлский прогиб изолирует полуизометричное Белгородское поднятие. На востоке Курско-Белгородской области расположено Оскольское поднятие умеренных амплитуд, пересечённое субширотным Потуданьским прогибом, соответствующее Кшень-Оскольскому блоку фундамента, выделенному А.И. Трегубом [22].

В Михайловской зоне поднятий, протягивающейся в субмеридиональном направлении на территории РФ почти на 250 км при ширине до 120 км, выделяются северная группа наклонных к западу валов, сложенных докайнозойскими породами и отличающихся значительными амплитудами (Дмитровская), и южная (Крупецкая), где распространён комплекс морских отложений палеогена и континентальных — неогена. Наибольшие амплитуды Дмитровской группы валов приходятся на пространственное совпадение с Михайловским звеном Белгородско-Михайловской линейной зо-



ны синформного типа фундамента северо-западного простирания, по отношению к которой новейшие структуры дискордантны. Граница Михайловской зоны поднятий с Курско-Белгородской, маркированная Сейм-Свапским долинообразным прогибом, проявлена в глубинных неоднородностях верхов мантии, где граничат объекты повышенной и пониженной плотности [15]. От Орловско-Тульской зоны Михайловская отделена субмеридиональным Верхне-Окским прогибом.

Доно-Донецкая область поднятий занимает юго-восточное крыло Воронежской антеклизы. Она вытянута в юго-восточном направлении на 400 км, а её максимальная ширина по меридиану достигает 270 км. В неогене-квартере здесь сформировались Острогожско-Калачская и Первомайско-Чирская зоны поднятий. Эти структуры в целом наклонены в сторону Днепрово-Донецкого прогиба и полого — в сторону Прикаспийской впадины. Острогожско-Калачская зона поднятий Чернокалитвинским прогибом северо-западного простирания разделена на северное, относительно монолитное поднятие и южное, состоящее из сводов и валов и разделяющих их прогибов, среди которых размерами выделяется Богучарский. Калачское поднятие отделено прогибом, к которому приурочена долина Дона, маркирующая осевую зону поднятия фундамента. В строении его северо-западной части доминируют субмеридиональные структурные линии, согласные с простиранием Мигулинско-Новохопёрского глубинного разлома. В строении южной части участвуют валы и узкие прогибы, структурно надстраивающие по простиранию таковые Острогожско-Кантемировского поднятия.

Первомайско-Чирская зона поднятий, с северо-запада ограниченная Верхнекалитвенско-Вешенской дугообразной зоной прогибов, подразделена на Верхне- и Нижне-Чирское поднятия, амплитуды которых снижаются к юг-юго-востоку, согласно с наклоном поверхности фундамента. Детальное картирование серии валов и узких зон прогибов, слагающих Первомайско-Чирскую зону, проведено В.И. Макаровым и его соавторами [11].

Особенностью новейшего строения Доно-Донецкой области поднятий является её структурно-геоморфологическая зональность, особенно ярко проявленная в юго-восточной части, где происходит резкое погружение поверхности фундамента, а характерные для неё валообразные поднятия высоких порядков, очевидно, отражают складки покрова.

Балашово-Саратовская область поднятий — это часть надпорядковой структуры — Приволжского мегасвода («складки основания»), заложенной на месте Токмовского свода фундамента и частично ВКМ. Граничный для этих структур фундамента Пачелмский авлакоген в новейшем строении мегасвода не проявлен. В пределах рассматриваемой территории находятся Ртищевско-Хопёрское и Приволжско-Медведицкое поднятия второго ранга. В строении первого выделяются разделенные Воронским и Хопёрским прогибами Ворона-Цнинское, Ворона-Хопёрское, Ртищевское и малоамплитудное, сложенное с поверхности кайнозойскими комплексами пород Еланьское поднятия. К юго-востоку расположена отделённая Доно-Медведицкой протяженной зоной прогибов Приволжско-Медведицкая зона поднятий, в которой выделяются наследующие структуры фундамента Доно-Медведицкое и Приволжское поднятия (последнее включает Камышинское). Восточную часть территории ВКМ занимает впадина, расположенная за пределами Приволжского мегасвода.

Окско-Донской прогиб подразделяется на зоны: Меридиональную (Окско-Донскую) протяженностью до 350 км, Хопёрско-Донскую (юго-восточную) протяженностью ≈ 250 км и Нижне-Донскую северо-восточного простирания протяженностью ≈ 150 км. Первая отделяет Среднерусскую, а вторая Доно-Донецкую области от Приволжского мегасвода. Заложение Меридиональной зоны прогиба датируется миоценом, она дискордантно наложена на юго-восточный край ВКМ. В её современном строении проявлена продольная зональность, выраженная в меридиональном простирании относительных поднятий и прогибов, протягивающихся от Калачского поднятия до долины р. Клязьма [12], т. е. за пределы граничного для ВКМ Пачелмского авлакогена фундамента. В ней выделяются Панино-Тумское, Тамбовско-Окское и Жердевско-Котовское меридионально вытянутые поднятия, разделённые относительными эрозионно-тектоническими прогибами и осложнённые локальными структурами [6].

Хопёрско-Донская зона прогиба заложена в среднем миоцене и простирается согласно с наклоном осадочного чехла, слагающего Хопёрскую моноклиналь. Она отделена Нижне-Хопёрским разлом, к которому приурочена долина р. Хопёр и одноименная субширотная впадина, выполненная четвертичными аллювиальными отложениями рек Хопёр и Ворона мощностью до 100 м, залегающими на миоценовых и верхнеплиоценовых отложениях палеодолин. Хопёрско-Донская зона имеет резко асимметричное строение, связанное с активным поднятием новейшего Приволжского мегасвода, в которое вовлечены миоцен-нижнеплиоценовые толщи. В современной структуре этой зоны, выполненной в основном средневерхнеплиоценовыми отложениями, установлены Хопёр-Бузулукская, граничащая с Калачским поднятием, и Арчединско-Донская относительные впадины, граница которых маркируется долиной р. Медведица, приуроченной здесь к разлому. Эти впадины в квартере испытали очень слабые поднятия и эрозионное расчленение и формируют в современном рельефе структурные ступени.

В Нижне-Донской зоне прогиба, выполненной мощной толщей неоген-четвертичных отложений, в квартере в рельефе проявилось малоамплитудное, расчленённое субширотными врезами Ергенинское поднятие, вытянутое вдоль юго-восточной границы ВКМ, проходящей по Волгоградско-Камышинской зоне разломов фундамента. Молодое Ергенинское поднятие вместе с надстраивающим



его по простиранию Камышинским поднятием предположительно включены нами в Прикаспийскую бортовую провинцию [7], куда входят структуры, расположенные конформно границе Прикаспийской впадины и в основном находящиеся на северном её обрамлении.

Таким образом, на протяжении новейшего этапа территория ВКМ испытала общее поднятие и становление в рельефе разноранговых структурных форм. В четвертичное время в поднятие вовлечён Окско-Донской прогиб, в рельефе которого проявились малоамплитудные поднятия и относительные прогибы.

Среди разноранговых структур, формирующих новейший тектонический план, выделяются крупные пологие изгибовые деформации («складки основания») — это прежде всего структуры первого ранга и складки покрова, представленные сводами и валами высоких порядков. Границами новейших поднятий являются эрозионно-тектонические прогибы, которые заложены в основном по зонам повышенной трещиноватости пород.

Выделенные области поднятий различаются структурно-геоморфологическим строением. При значительном отличии в новейшем строении Среднерусской, Брянско-Смоленской и Доно-Донецкой областей поднятий отмечается их общая закономерность — наибольшие амплитуды приурочены к их северным частям.

Отражение в материалах обработки линеаментного поля верхнекоровых новейших деформаций

Под линеаментами обычно понимают линейные неоднородности земной коры и литосферы, проявленные на земной поверхности прямо (разломами) или опосредованно (геологическими и ландшафтными аномалиями). Повышенная трещиноватость в горных породах, отраженная в материалах дистанционного зондирования линеаментами, может быть обусловлена ротационными напряжениями вращающейся Земли и приливными силами Луны и Солнца (планетарная трещиноватость) либо эндогенными причинами. Изучение А.И. Трегубом на территории ВКМ трещиноватости в неоген-четвертичных отложениях, являющейся преимущественно диагенетической, и сопоставление их ориентировки с преобладающими направлениями линеаментов выявили сходство [22].

На картах новейшей тектоники [3, 4] показано разное число разрывов, что свидетельствует о сложности и неоднозначности их выявления, при этом только часть из них корреспондируется с разломами фундамента, установленными по геолого-геофизическим данным. Как убедительно показано В.И. Макаровым [9], в пределах платформенных областей разрывные дислокации (с заметными смещениями слоёв, которые возможно измерить) имеют подчинённое значение и сводятся преимущественно к трещинному крипу. Рассматриваемый нами регион в течение всего позднего кайнозоя оставался платформой, которой присущи незначительные амплитуды и градиенты движений. По данным [10], даже крупнейшие докембрийские разломы кристаллического основания, связанные с авлакогенной стадией развития будущих платформ, в чехле не проявлены как разломы или проявлены в нём в качестве очень пологих флексур конседиментационного типа, т. е. весьма малоградиентных как в пространстве, так и во времени изгибных дислокаций чехла. Линеаменты, которые нередко интерпретируются как разломы, унаследовано развивающиеся на новейшем этапе, могут отражать как тектоническую, так и планетарную трещиноватость, разработанную эрозионно-денудационными процессами, различить которые сложно.

Процесс дешифрирования линеаментов является неформализованным и во многом зависит от эксперта. Линеаменты дешифрировались нами по данным цифрового рельефа SRTM, полученным NACA радарной стереосъёмкой поверхности Земли, разрешающая способность которой 1 с или порядка 30 м по меридиану. Компьютерная обработка поля линеаментов в программе Lineament [2] выявила некоторые его характеристики (рис. 4).

Алгоритмы, использовавшиеся для поиска центра радиальных структур с помощью окон разного диаметра, выделили линеаментные зоны различных простираний. Наиболее наглядно зоны проявляются после преобразования «выравнивания», т. е. вычисления разности между значением в точке и средним арифметическим значением в окне и выделении локальной составляющей. На преобразовании (рис. 4, а) отчетливо проявились линеаментные зоны. Они характерны для новейшего структурного плана Окско-Донского прогиба. Наглядно проявилась линеаментная зона, отличающаяся повышенной сейсмической активностью с верхнекоровыми (глубина эпицентров ≈ 5 км) невысокого энергетического класса землетрясениями [14, 15], протягивающаяся от Курска в юго-восточном направлении вдоль границы Орловско-Тульского и Курско-Белгородского новейших поднятий. Также явно линеаментной зоной проявлен Лосевско-Мамонский разлом фундамента, граничный для Среднерусской области новейших поднятий и Окско-Донского прогиба, проявлявший активность на разных этапах тектонического развития региона, в том числе и в настоящее время [18]. К узлу пересечения этого разлома с Пачелмским авлакогеном приурочены приповерхностные ореолы серебра, титана, циркония, никеля [1]. Зафиксированы землетрясения в районе городов Павловск (1825, 1832), M = 3.6-4.0; Kypck (1944), M = 3.0; Орел (1903), M = 3,0; Липецк (1896), M = 3,6; Тамбов (1954), M = 4,8 [17], расположенных в зонах линеаментов, на границах новейших структурных форм. Богучаро-Ливенская шовная зона, прослеживающаяся по линии Воронеж-Павловск, граничная для Россошанской жесткой глыбы фундамента, наиболее четко проявилась в пределах Доно-Донецкой области поднятия. Линеаметными зонами проявлены также граница Приволжского поднятия, Доно-Медведицкий прогиб и др. Считается [21], что сейсмичность и повышенная флюидная активность, наблюдаемая на территории Воро-





Рис. 4. Визуализация сеток обработки линеаментного поля: а — поиск центра радиальных структур в окне диаметром 100 км, б плотности линеаментов, рассчитанной в окне диаметром 20 км, в — анизотропии линеаментной сети, рассчитанной в окне диаметром 20 км; интенсивность рассчётного поля обработки линеаментов отражена оттенками серого цвета; др. усл. обознач. см рис. 2

нежского массива, являются отражением процессов, происходящих на значительных глубинах и приводящих к продолжению формирования и развития литосферы региона в целом. По свидетельству [15], существование мантийных флюидов с преобладающими в их составе Cu, Zn, Ni, Co, Mn, Ti, V и других элементов подтверждается данными исследований включений в алмазе, пиропе и оливине кимберлитов.

Плотность линеаментов рассчитывалась круглым скользящим окном разного диаметра (5, 10, 20, 50 км) и подвергалась выравниванию для вычисления локальной составляющей. Как правило, повышенной плотностью линеаментов отличаются участки с наиболее раздробленной и проницаемой земной корой, а зоны линеаментов обычно приурочены к таким участкам. Повышенной плотностью линеаментов проявляются практически все границы новейших структурных форм (рис. 4, б). Проводился также расчёт сеток поиска центров концентрических структур разного диаметра, выявивший крупные, а также локальные своды. Расчёт анизотропии линеаментной сети (рис. 4, в) проявил области с изотропной ориентировкой трещиноватости, характерные главным образом для крупных сводов Среднерусской области поднятий.

В материалах обработки линеаментного поля нашли отражение верхнекоровые конэрозионные новейшие структурные формы как унаследованные от структур фундамента, так и дискордантные им, а среди выявленных зон линеаментов известны сейсмогенные.

ЛИТЕРАТУРА

- 1. Грушин Р.В., Баранов Ю.Б., Пахомов В.И. Зоны повышенной проницаемости земной коры северо-востока Воронежской антеклизы и их роль в формировании геохимических ореолов // Мат. совещания «Строение и история развития платформ Евразии». М., 2002. С. 24-25.
- Загубный Д.Г. Способы обработки цифрового рельефа программой «Lineament» // Исследования Земли из космо-2. ca. 2004. № 6. C. 30-58.
- Карта новейшей тектоники СССР и сопредельных облас-3. тей / Гл. ред. Н.И. Николаев. М.: Мингео СССР, 1979.
- Карта новейшей тектоники Северной Евразии / Гл. ред. 4. А.Ф. Грачёв. М.: Мингео СССР, 1997.
- Карта рельефа разновозрастного фундамента Восточно-Ев-
- ропейской платформы / Ред. В.В. Бронгулсев. М., 1975. Корчуганова Н.И., Соколов С.А., Загубный Д.Г. 6. Геологическое строение и современная структура Ок-ско-Донского прогиба // Изв. вузов. Геология и разведка. 2012. №1. C. 3-10.
- Корчуганова Н.И., Загубный Д.Г., Соколов С.А. Неотектоническое районирование Русской плиты // Раз-ведка и охрана недр. 2012. № 2. С. 13-20. Лосицкий М.Г., Кривцов И.И., Костюков В.И. Ле-
- генда к тектонической карте ВКМ. Масштаб 1:500 000. М.: Геос, 1997. 10 с.



- Макаров В.И. Некоторые проблемы изучения новейшей тектоники платформенных территорий (на примере Русской плиты) // Развелка и охрана непр. 1997. № 1. С. 20–26.
- ской плиты) // Разведка и охрана недр. 1997. № 1. С. 20–26. 10. Макаров В.И., Дорожко А.Л., Макарова Н.В., Макеев В.М. Современные динамически активные зоны платформ // Геоэкология. Инженерная геология. Гидрогеология. Геокриология. 2007. № 2. С. 99–110.
- Макаров В.И., Макарова Н.В., Несмеянов С.А. и др. Новейшая тектоника и геодинамика: область сочленения Восточно-Европейской платформы и Скифской плиты. М.: Наука, 2006. 206 с.
- Макарова Н.В., Макаров В.И., Корчуганова Н.И. и др. Окско-Донской прогиб — неотектоническая активная зона Восточно-Европейской платформы // Изв. вузов. Геология и разведка. 2002. № 2. С.3–13.
- 13. Надежка Л. И., Дубянский А. И., Тарков А.П. и др. Некоторые особенности глубинного строения Воронежского кристаллического массива // Литосфера Центральной и Восточной Европы. Восточно-Европейская платформа. Киев, 1989. С. 121–135.
- 14. Надежка Л.И., Пивоваров С.П., Ефременко М.А., Семенов А.Е. О землетрясениях на территории Воронежского кристаллического массива // Вестник ВГУ, геология. 2010. №1. С. 233-242.
- 15. Надежка Л.И., Геншафт Ю.С., Салтыковский А.Я. и др. Некоторые глубинные неоднородности литосферы и современная сейсмичность Воронежского кристаллического массива // Мат. 14-й Международ. конф. «Связь поверхностных структур земной коры с глубинными». Петрозаводск, 2008. С. 70–74.
- 16. Ненахов В.М., Стриг Ю.Н., Трегуб А.И. и др. Минерагенические исследования территорий с двухъярусным строением (на примере Воронежского кристаллического массива). М.: Геокарт-ГЕОС, 2007. 284 с.
- Николаев В.А. Методика геодинамического районирования на основе факторного и кластерного анализа: На при-

мере Восточно-Европейской платформы, Паннонского бассейна и Северной Евразии в целом : Автореферат дис. ... док. геол.-мин. наук. М., 2005. 37 с.

- Объяснительная записка и список городов и населенных пунктов, расположенных в сейсмоопасных зонах. М.: ИФЗ, 1999. 57 с.
- Палеогеоморфологический атлас СССР. Карты палеорельефа и коррелятных отложений. Л.: ВСЕГЕИ, 1983.
- 20. Раскатов Г.И. Геоморфология и неотектоника территории Воронежской антеклизы. Воронеж, 1969. 164 с.
- 21. Савко А.Д., Надежка Л.И., Шевырёв Л.Т. Новые данные о флюидной и сейсмической активности Воронежской антеклизы // Мат. Всеросс. конф. «Дегазация Земли: геодинамика, геофлюиды, нефть, газ и их парагенезы». М., 2008. С. 439-441.
- 22. Трегуб А.И. Неотектоника территории Воронежского кристаллического массива // Труды научно-исследовательского института геологии Воронежского гос. Ун-та. В. 9. Воронеж: Изд-во ВГУ, 2002. 220 с.

¹Российский государственный геологоразведочный университет, (117997, г. Москва, ул. Миклухо-Маклая, 23; e-mail: nkorchuganova@ mail.ru; whiteworior@mail.ru)

²ΦГУП Институт минералогии, геохимии и кристаллохимиии редких элементов (ФГУП ИМГРЭ), (121357, г. Москва, ул. Вересаева, д.15; e-mail: zagubnyi@mail.ru)

С.А. Соколов — аспирант Рецензент — В.М. Цейслер

УДК 551.24

Б. Г. ГОЛИОНКО

СТРУКТУРНАЯ ЭВОЛЮЦИЯ ПОРОД МОЗАМБИКСКОГО СКЛАДЧАТОГО ПОЯСА В РАЙОНЕ РУАНГВА (ЮГО-ВОСТОЧНАЯ ТАНЗАНИЯ)

Рассмотрено геологическое строение и структурная эволюция пород Мозамбикского складчатого пояса на примере слабоизученного района Руангва (Юго-Восточная Танзания). В строении района, характеризующегося чешуйчато-надвиговой структурой, выделяют два блока неопротерозойского возраста. Северо-западный блок сложен преимущественно гнейсами, в строении юго-восточного блока преобладают мраморы. Структурная эволюция района подразделяется на три этапа деформаций. Первый этап DI связан с эпизодом метаморфизма амфиболитовой фации и образования кристализационной сланцеватости S_1 . Второй этап DII характеризуется надвиганием юго-восточного блока на северо-западный, формированием чещуй-чато-надвиговой структуры и складок F_1 . Этап деформаций DIII — образование незамкнутых складчатых структур F_2 . Возникновение крутопадающих разломов северо-восточного и северо-западного простирания завершило структурную эволюцию района.

Ключевые слова: Танзания; Мозамбикский складчатый пояс; гнейсы; структурная эволюция.

Мозамбикский складчатый пояс (МСП) представляет собой систему докембрийских сиалических блоков, спаянных позднепротерозойскими складчатыми поясами [2], протягивающуюся более чем на 7000 км от Аравийско-Нубийского щита в пределах Эфиопии и Судана на севере до юго-востока Мозамбика [4], предполагается его продолжение в Антарктиде. Структурные исследования проводились в ходе геолого-поисковых работ в танзанийском секторе МСП, на строение которого существуют две точки зрения. Некоторые исследователи [3] включают в состав танзанийского сектора МСП лишь неопротерозойские образования, другие [5] подразделяют пояс по данным радиогеохронологических исследований на два домена: западный, сложенный по-